

文章编号:1671-6833(2007)04-0126-03

# 微晶玻璃研磨抛光超光滑表面粗糙度的工艺研究

刘春红, 李成贵, 张庆荣, 贾世奎

(北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院 北京 100083)

**摘 要:** 研磨抛光采用浸液式定偏心锡磨盘抛光方式, 研究抛光液浓度、PH 值、上下研磨盘转速、抛光时间等参数对微晶玻璃超光滑表面粗糙度的影响, 粗糙度的测量采用 NT1100 干涉仪. 实验结果表明: 粗糙度受 PH 值影响比较大; 试件在低浓度弱碱抛光液中, 延长抛光时间可降低表面粗糙度值并获得高质量的表面, 最终测得表面粗糙度为  $R_a = 0.37 \text{ nm}$ .

**关键词:** 微晶玻璃; 研磨抛光; 粗糙度; 工艺

**中图分类号:** TQ 171.6<sup>+</sup>84 **文献标识码:** A

## 0 引言

微晶玻璃是 20 世纪 60 年代发展起来的新型光学材料, 它又称为玻璃陶瓷. 与普通玻璃的主要区别是具有结晶的结构, 而与陶瓷的主要区别是, 它的结晶结构要比陶瓷细得多. 由于其特殊的制造工艺, 最后制得的材料是非常均匀而致密的, 整体在某一温度区域的膨胀系数达到或接近于零, 故称这种玻璃是具有零膨胀系数的玻璃. 它还有许多宝贵的特殊性能, 如机械强度高、硬度及耐磨性高、重量轻、热稳定性好、介电常数高, 在高频高温下介电损失系数小等. 随着光学、光电子技术的发展, 微晶玻璃已在很多领域得到了广泛的应用, 如天文望远镜、激光陀螺系统中的反射镜基片等. 由于微晶玻璃中无数微小晶粒的存在, 大家都认为很难得到超光滑高质量的表面. 笔者主要以微晶玻璃为研究对象, 研究影响其超光滑表面粗糙度各工艺参数之间的关系, 为超精密加工提供依据<sup>[1-2]</sup>.

## 1 实验部分

微晶玻璃超精密加工采用浸液式定偏心锡磨盘研磨抛光方式. 笔者主要研究抛光液浓度、pH 值、上下研磨盘转速、抛光时间等参数对超光滑表面粗糙度的影响. 粗糙度  $R_a$  取 3 点的平均值<sup>[3-4]</sup>.

图 1 为试件抛光前用 NT1100 轮廓仪测得的表面形貌, 粗糙度值  $R_a = 1.058 \text{ nm}$

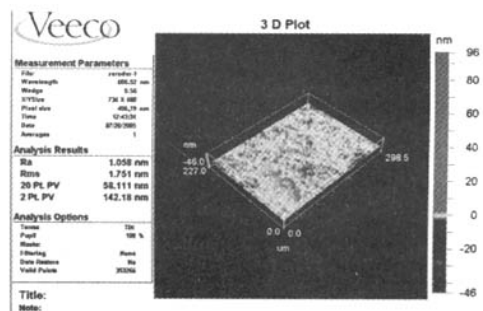


图 1 抛光前试件表面形貌

Fig. 1 Surface topography of workpiece before polishing

### 1.1 抛光液 pH 值对表面粗糙度的影响

经过选取不同的 pH 值, 所得试件表面的粗糙度与 pH 值的关系曲线如图 2 所示.

由图 2 可以看出, 粗糙度受 pH 值影响比较大, 抛光液 pH 值在 8~8.5 范围内的情况下, 粗糙度值较低, 容易获得高质量的表面.

抛光中, 微晶玻璃表面较活泼的  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  与抛光液中  $\text{H}_2\text{O}$  的结合, 电离出微量的  $\text{OH}^-$ , 抛光中摩擦产生的局部高温, 促进酸性溶液中  $\text{H}^+$  与  $\text{OH}^-$  的结合, 进而促进  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  进一步结合, 大量的  $\text{Li}^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$  形成并进入溶液, 所以酸性环境抛光腐蚀占主体, 粗糙度受影响, 碱性溶液抑制了  $\text{OH}^-$  的电离, 腐蚀很小, 主要靠处于

收稿日期: 2006-09-12; 修订日期: 2007-09-29

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(3052012)

作者简介: 刘春红(1982-), 女, 黑龙江鹤岗人, 北京航空航天大学硕士研究生, 主要从事超光滑表面完整性方面的研究工作.

万方数据

工件与锡盘之间的胶体  $\text{SiO}_2$  对表面凸起部分的轻擦和凸起表面的塑性流动来改善. 所以, 碱性溶液能获得较好的表面. 但是, pH 值过大, 抛光液中  $\text{OH}^-$  增多, 同样会增加工件表面的腐蚀, 导致表面质量变差<sup>[5-6]</sup>.

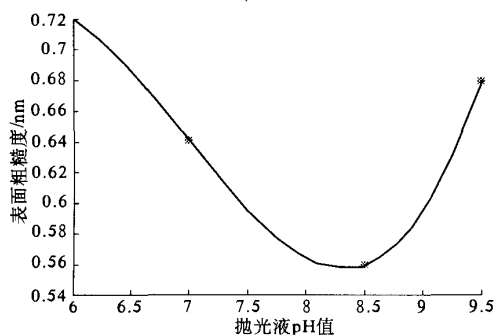


图2 表面粗糙度值与 PH 值的关系曲线

Fig.2 Relation curve of surface roughness and PH value

### 1.2 抛光液浓度对表面粗糙度的影响

经选取不同的抛光液浓度, 所得试件表面粗糙度与抛光液浓度的关系曲线如图3所示.

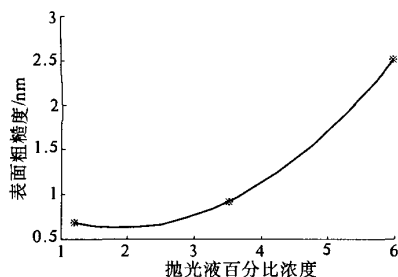


图3 表面粗糙度与抛光液浓度的关系曲线

Fig.3 Relation curve of surface roughness and concentrate of polishing fluid

由图3可以看出, 抛光液浓度越高, 粗糙度值就越大. 这是因为抛光液浓度高, 磨料粒子与微晶玻璃表面原子之间的扩散速度快. 浓度高, 工件表面材料被磨料粒子擦除的概率大, 这无疑增加微晶玻璃表面材料的去除量. 由理论分析知, 工件表面各点相对锡磨盘运动轨迹长度有差异, 当去除量增加时, 工件表面各点材料去除差异增加, 这自然就影响了表面粗糙度<sup>[7]</sup>.

### 1.3 磨盘转速对表面粗糙度的影响

经选取不同的磨盘转速, 所得的试件表面粗糙度与转速的关系如图4所示.

由图4中所示转速在 45 ~ 55 r/min 范围内粗

糙度值较低, 太高不利于获得超光滑表面. 转速高时, 胶体  $\text{SiO}_2$  粒子动能增加, 故与微晶玻璃表面原子之间碰撞、扩散成功的概率增加; 而且磨料粒子在单位时间滑过工件表面的次数增加, 表面活泼原子、化学反应物被擦除的速度增加, 这些都增加微晶玻璃表面材料去除量, 提高抛光效率, 但由于表面各点去除差异随之增加, 获得的表面粗糙度精度低<sup>[8]</sup>.

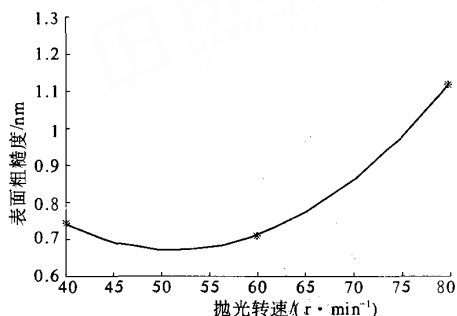


图4 表面粗糙度与转速的关系

Fig.4 Relation curve of surface roughness and rotate speed

### 1.4 抛光时间对表面粗糙度的影响

经不同的抛光时间, 所得试件表面粗糙度与时间的关系曲线如图5所示

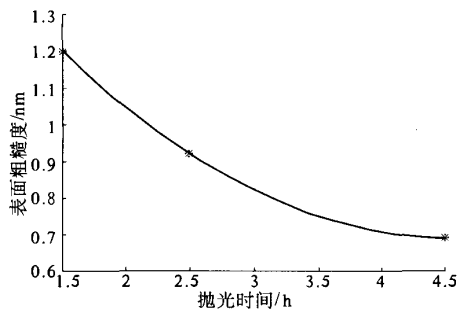


图5 表面粗糙度与时间的关系曲线

Fig.5 Relation curve of surface roughness and polishing time

随着研磨时间延长, 微晶玻璃表面粗糙度精度逐渐提高, 抛光时间在 4 ~ 4.5 h 范围内, 曲线趋于水平状态, 说明抛光时间达到 4 h 以后, 粗糙度值趋于稳定, 如图5所示. 随着时间延长, 正是锡盘通过磨料对微晶玻璃表面修整的过程. 工件与锡盘之间的抛光液层在压力作用下具有刚性, 当其滑过微晶玻璃表面时, 凸起部分首先被擦除. 抛光初始, 微晶玻璃与锡盘接触面积小, 压强大, 去除率高, 由于化学作用形成的表层化合物被去除得快, 新表层不断暴露; 随着抛光的进行, 两者

之间接触面积增大,压力小,工件与锡盘之间的抛光液变少,擦划减少;随抛光液中微晶玻璃组成元素浓度的增加,扩散速度减慢,去除率降低<sup>[9-10]</sup>.若抛光时间太短,微晶玻璃表层材料的去除还没有完全改变其初始变质层,表面精度仍然低;随着时间延长,表面精度终将趋于某一稳定值,表面质量改善效果不明显.时间太长,锡盘本身的磨损、完美表面被腐蚀等将会影响抛光精度.

根据以上分析,选取最优实验方案后对试件进行加工,用 NT1100 轮廓仪测得的表面形貌如图 6 所示.最终获得微晶玻璃表面粗糙度为  $Ra = 0.37 \text{ nm}$ .

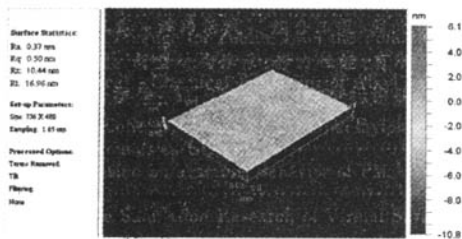


图 6 调整实验方案后测得的表面形貌  
Fig. 6 Surface topography of workpiece after adjusting experimentation project

## 2 结论

(1) 粗糙度受 pH 值影响比较大. 抛光液 pH 值在 8 ~ 8.5 范围内的情况下,粗糙度值较低,容易获得高质量的表面.

(2) 抛光液浓度越高,粗糙度值越大,不利于获得高质量的表面.

(3) 转速在 45 ~ 50 r/min 范围内,粗糙度值较低,转速太高不利于获得超光滑表面.

(4) 随着抛光时间的延长,微晶玻璃表面粗糙度值逐渐降低,但时间太长影响抛光效率和抛光精度,所以,抛光时间选择在 4 ~ 4.5 h 范围内为宜.

## 参考文献:

- [1] 张飞虎,谢大纲,赵清亮.微晶玻璃低温抛光表面微观形貌的研究[J].机械工程学报,2002,38(1):87-90.
- [2] 张红霞,殷伯华,吴明根,等.超光滑高精度微晶玻璃的平面抛光工艺[J].制造技术与机床,1999,(12):41-43.
- [3] 王金林,陈明,韩荣久,等.激光陀螺超光滑反射镜基片的光学加工和检测技术[J].航空精密制造技术,2003,39(2):5-9.
- [4] 谢会东,王晓青,沈光球.晶体的超精密抛光[J].人工晶体学报,2004,33(6):1035-1040.
- [5] 陈飞,周海,姚斌,等.加弧光离子无氢渗碳对钛合金表面粗糙度的影响[J].热加工工艺,2003,(4):31-33.
- [6] 高宏刚,曹健林,朱镛,等.超光滑表面及其制造技术发展[J].物理,2000,29(10):210-214.
- [7] 赵萍,范鹏飞,袁巨龙,等.功能陶瓷超精密加工技术[J].航空制造技术,2003,(4):63-66.
- [8] LAMBROPOULOS J C. Glass-ceramic; deterministic microgrinding, lapping and polishing[C]. SPIE,3134:178-189.
- [9] 陈杨,陈建清,陈志刚.超光滑表面抛光技术[J].江苏大学学报:自然科学版,2003,24(5):55-59.
- [10] CHANG G-W, YAN B-H, HSU R-T. Study on cylindrical magnetic abrasive finishing using unbonded magnetic abrasives[J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture,2002,45(5):575-583.

## Study on the Technology of the Super Smooth Surface Roughness of Polished Ceramic Glass

LIU Chun-hong, LI Cheng-gui, ZHANG Qing-rong, JIA Shi-kui

(School of Instrumentation Science & Opto-electronics, Beijing University of Aeronautics & Astronautics, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The polishing manner of fixed eccentricity immersed tin lap was used in lapping and polishing. The effect of concentration of polishing fluid, PH value, rotate speed, and polishing time on super smooth surface roughness of ceramic glass was researched. The roughness was measured by NT1100 interferometer. The influence of PH value on roughness is greater than that of other parameters. The roughness is decreased by increasing polishing time under the workpiece in low concentration alkaline polishing fluid, and high surface quality is secured. Finally, with the reasonable choice of polishing parameter, surface roughness of  $Ra$  is 0.37 nm.

**Key words:** ceramic glass; lapping and polishing; technology